

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Mislav Biličić

**PRORAČUN ELEMENATA PROCEDURALNIH
I OSNOVNIH ZAOKRETA**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2015

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

**PRORAČUN ELEMENATA PROCEDURALNIH
I OSNOVNIH ZAOKRETA**

Mentor: izv. prof. dr. sc. Doris Novak

Student: Mislav Biličić

JMBAG: 0135228283

Zagreb, 2015

PRORAČUN ELEMENATA PROCEDURALNIH I OSNOVNIH ZAOKRETA

SAŽETAK

Instrumentalno letenje određeno je instrumentalnim letnim procedurama. Procedure su uređene i objavljene skupine manevara kojih se piloti pridržavaju. Među instrumentalnim letnim procedurama su i procedure instrumentalnog prilaženja. Procedure prilaženja osiguravaju zrakoplovu sigurnu tranziciju od rutne faze do visine na kojoj je moguće slijetanje. Kako bi zrakoplov u prilazu promijenio smjer i poravnao se sa smjerom uzletno-sletne staze, koriste se proceduralni i osnovni zaokreti. To su standardizirani manevri kojima se postiže promjena smjera od 180°. Trajanje proceduralnih i osnovnih zaokreta važno je za planiranje prilaza. Planiranje se vrši dok je zrakoplov na rutnom dijelu leta. Tijekom prilaza radno opterećenje se povećava stoga je važno da se posada pravovremeno pripremi za prilaz. U obzir treba uzeti i vjetar koji uvelike može promijeniti putanju i trajanje zaokreta.

KLJUČNE RIJEČI: instrumentalne letne procedure; instrumentalno prilaženje; proceduralni zaokreti; osnovni zaokreti

SADRŽAJ

Sadržaj

1.	UVOD	1
2.	PROCEDURE INSTRUMENTALNOG LETENJA.....	3
3.	POSTUPCI INSTRUMENTALNOG PRILAŽENJA	6
4.	SEGMENTI DOLAZNE PROCEDURE	10
4.1.	Dolazni segment	11
4.2.	Segment početnog prilaženja	12
4.3.	Segment međuprilaženja.....	12
4.4.	Segment završnog prilaženja	13
4.5.	Segment neuspjelog prilaženja	14
5.	PROCEDURALNI I OSNOVNI ZAOKRETI	15
6.	PRORAČUN ELEMENATA PROCEDURALNIH I OSNOVNIH ZAOKRETA	17
6.1.	Proračun elemenata proceduralnog zaokreta 45°/180°	17
6.2.	Proračun elemenata proceduralnog zaokreta 80°/260°	19
6.3.	Proračun elemenata osnovnog zaokreta	23
7.	ODSTUPANJE U TRAJANJU ZAOKRETA PRI UTJECAJU VJETRA.....	24
7.1.	Odstupanje u trajanju zaokreta 45°/180° pri utjecaju vjetra	24
7.2.	Odstupanje u trajanju zaokreta 80°/240° pri utjecaju vjetra	29
7.3.	Odstupanje u trajanju osnovnog zaokreta pri utjecaju vjetra.....	33
8.	ZAKLJUČAK.....	37
	LITERATURA.....	38
	POPIS SLIKA	39
	POPIS KRATICA	40

1. UVOD

U ovom radu opisati će se procedure za promjenu smjera zrakoplova tijekom instrumentalnog prilaza. Iz sigurnosnih i praktičnih razloga, ove procedure su standardizirane. Stoga je bitno da piloti, kao korisnici tih procedura, budu dobro upoznati s njima. Nadalje, računski će se obrađivati problematika utjecaja vjetra na putanju zrakoplova tijekom navedenih procedura. Također će se utvrditi utječe li vjetar na trajanje samih procedura.

Postupci vođenja zrakoplova prema pravilima instrumentalnog letenja (engl. *Instrument Flight Rules* ili IFR) opisati će se u drugom poglavlju. Tijekom instrumentalnog letenja primjenjuju se instrumentalni letni postupci. Ti su postupci uređeni navigacijski postupci koji se koriste u različitim segmentima leta. Oni su objavljeni u navigacijskim kartama koje piloti imaju sa sobom tijekom leta. Među tim postupcima je i postupak instrumentalnog prilaženja (engl. *Instrument Approach Procedure* ili IAP).

U trećem poglavlju biti će pobliže opisani tipovi prilaženja. Prilaženje se dijeli na vizualno prilaženje (engl. *Visual Approach*) i instrumentalno prilaženje (engl. *Instrument Approach*). Ovisno postoji li vertikalno vođenje zrakoplova, instrumentalno prilaženje se dalje dijeli na precizno prilaženje (engl. *Precision Approach* ili PA) i neprecizno prilaženje (engl. *Non-precision Approach* ili NPA). Postupak instrumentalnog prilaženja najzahtjevnija je faza leta u instrumentalnoj navigaciji.

Instrumentalno prilaženje dijeli se na segmente i unutar svakog segmenta postoji niz unaprijed utvrđenih manevara za vođenje zrakoplova od preletišta početnog prilaženja (engl. *Initial Approach Fix* ili IAP) do točke na kojoj je moguće vizualno slijetanje. Svrhe pojedinih segmenata i zadaće posade zrakoplova u svakom od tih segmenata bit će opisane u četvrtom poglavlju. Jedan od segmenata je segment početnog prilaženja (engl. *Initial Approach*). Unutar tog segmenta posada zrakoplova ima zadatak poravnati kurs zrakoplova s produljenom osi uzletno-sletne staze.

Ukoliko se ne radi o prilazu i slijetanju iz pravca (engl. *Straight-in Approach*), to se postiže manevrima koji se zovu povratni postupci (engl. *Reversal Procedures*) koji će se obraditi u petom poglavlju. Ti su postupci oblikovani tako da jednostavnim i standardiziranim zaokretima omoguće zrakoplovu promjenu smjera od 180°. Dijele se na proceduralne i osnovne zaokrete. Postoje dvije vrste proceduralnih zaokreta. Tijekom proceduralnog zaokreta 45°/180° zrakoplov prvo izvodi zaokret od 45° u jednu stranu nakon čega leti pravocrtno 1 minutu ili 1 minutu i 15 sekundi. Zaokret završava standardnim zaokretom od 180° tempom promjene smjera leta od 3° po sekundi u suprotnu stranu i povratkom na recipročni kurs od početnog. Proceduralni zaokret 80°/240° za razliku od

prethodnog nema pravocrtnog dijela. Nakon zaokreta od 80° u jednu stranu, zaokret od 240° u drugu stranu započinje odmah. Kao i u prethodnom zaokretu tempo promjene smjera leta je 3° po sekundi. U povratne postupke ubraja se još i osnovni zaokret (engl. *Base Turn*). Osnovni zaokret sastoji se od objavljene odletne putanje nakon koje dolazi zaokret u lijevu ili desnu stranu i izlazak na kurs u smjeru uzletno-sletne staze. Trajanje i kurs osnovnih zaokreta razlikuju se ovisno o brzinama zrakoplova u prilazu.

U šestom poglavlju pobliže će se proučiti proceduralne i osnovne zaokrete, njihove dijelove i trajanje pojedinih dijelova u uvjetima bez vjetra. Svaki od navedenih zaokreta je specifičan i ovisno o uvjetima prilaza izabire se optimalan i ucrtava u navigacijske karte.

U sedmom poglavlju bit će promotren utjecaj vjetra na zaokrete. Točnije, utjecaj smjera i jačine vjetra na putanju zrakoplova tijekom zaokreta, njegovu brzinu i na potrebno vrijeme za uspješno izvršavanje zaokreta. Za potrebe izračuna, koristiti će se vjetar sa izraženom leđnom komponentom, pri kojoj se očekuje produljenje potrebnog vremena za uspješno izvršavanje proceduralnih i osnovnih zaokreta. Ovisno o jačini i smjeru, vjetar može uvelike povećati radno opterećenje (engl. *workload*) posade zrakoplova. Na samom kraju računski dobiveni podatci tablično će se prikazati i analizirati.

2. PROCEDURE INSTRUMENTALNOG LETENJA

Za sve zrakoplove koji lete prema pravilima instrumentalnog letenja definirane su instrumentalne letne procedure (engl. *Instrument Flight Procedures* ili IFP). Instrumentalne letne procedure uređeni su i objavljeni navigacijski postupci koji se koriste u različitim segmentima leta. Tako postoje instrumentalne letne procedure za:

-Instrumentalni odlazak (engl. *Standard Instrument Departure* ili SID)

Instrumentalni odlazak označava standardiziran način odleta s određenog aerodroma prema odlaznoj točki. Definirani od strane kontrole leta, ti su odlazni postupci pojednostavljeni i ispunjavaju sve sigurnosne uvjete, kao što je na primjer nadvisivanje prepreka. Nažalost, ove procedure često odstupaju od optimalne putanje leta te prilazni kontrolori, kada im prilika dozvoljava, prakticiraju prekidanje odlaznih procedura nakon određene visine, te davanje odobrenja za direktan let prema odlaznoj točki.

-Instrumentalni dolazak (engl. *Standard Arrival* ili STAR)

Instrumentalni dolazak je postupak također definiran od strane kontrole zračnog prometa i služi vođenju zrakoplova od određene točke na rutnoj fazi leta pa sve do preletišta početnog prilaženja (engl. *Initial Approach Fix* ili IAF). Kao odlazne procedure, i dolazne ispunjavaju sve sigurnosne zahtjeve i uglavnom su jednostavne za praćenje. Smanjuju potrebu za komunikacijom između kontrolora i pilota, davajući im više vremena i pažnje za druge stvari.

-postupak instrumentalnog prilaženja (engl. *Instrument Approach Procedure*)

Postupci instrumentalnog prilaženja važe za sve zrakoplove koji lete po pravilima instrumentalnog letenja od točke početnog prilaženja (IAF) pa sve do točke na kojoj slijetanje može biti vizualno izvedeno. Ovaj se postupak sastoji od više dijelova o kojima će više biti rečeno u nastavku ovog rada.

-postupak čekanja (engl. *Holding*)

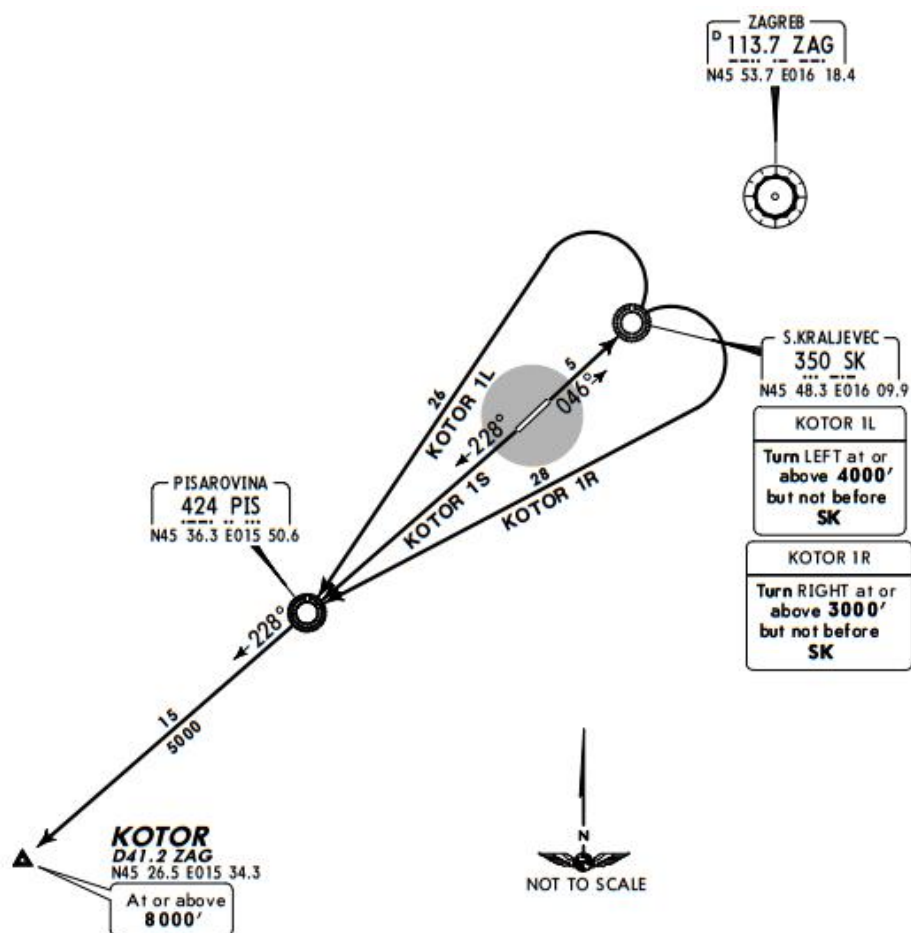
U slučaju nevremena koje bi se u nekom skorom vremenu moglo raščistiti ili zbog neke izvanredne situacije na aerodromu slijetanja, zrakoplovu se može dati naredba da čeka. To čekanje ostvaruje se postupcima čekanja. Ti postupci izvršavaju se u točno definiranim prostornim zonama zvanim točke čekanja (engl. *Holding Point*). Uz standardizirane točke kontrola letenja može odobriti zrakoplovu čekanje na nestandardnoj točki, u tom je slučaju kontrola letenja dužna dati sve informacije zrakoplovu koje su inače propisane za standardne procedure čekanja.

-vizualno manevriranje - kruženje (engl. *Visual Manoeuvring - Circling*)

U slučaju da je uzletno-sletna staza u jednom smjeru opremljena sustavom za instrumentalno slijetanje (*Instrument Landing System* ili ILS), a u drugom pak nije, postoji mogućnost prilaženja kruženjem. Ovakav oblik prilaženja specifičan je po tome što zrakoplov prati procedure prilaženja stazi u jednom smjeru, zatim na određenoj visini na kojoj je uspostavljen vizualni kontakt s podlogom prelijeće stazu te izvodi zaokret za 180 stupnjeva te se "vraća" i slijeće na uzletno-sletnu stazu u suprotnom smjeru. Najčešće se provodi zbog jakih vjetrova koji pušu iz nepoželjnih smjerova.

Na sve poviše navedene postupke utječu faktori kao što su performanse i letne sposobnosti zrakoplova, tehničke značajke navigacijskih sustava, opremljenost aerodroma, meteorološke prilike i neprilike, prepreke, obilježja zračnog prostora, itd. Instrumentalni letni postupci moraju zadovoljavati zahtjeve korisnika kao i ekološke zahtjeve.

Kako instrumentalne procedure izgledaju u navigacijskim kartama prikazano je na slici 1. Prvo će se promotriti dvije procedure instrumentalnog odlaza iz smjera staze 05. Kod obje procedure nakon polijetanja zrakoplov nastavlja u pravcu staze i penje do NDB postaje SK. Zrakoplov koji prati proceduru instrumentalnog odlaza KOTOR 1R nakon točke SK i dostignutih 3000 stopa, skreće u desno i leti prema NDB postaji PIS. Procedura KOTOR 1L zahtjeva od zrakoplova postizanje visine od 4000 stopa prije ili najkasnije na točki SK, nakon čega slijedi zaokret u lijevu stranu i let prema PIS. Od PIS obje procedure se nastavljaju kursom od 228° do točke KOTOR na kojoj zrakoplov mora imati visinu od minimalno 8000 stopa. Na točki KOTOR procedure instrumentalnog odlaza završavaju.

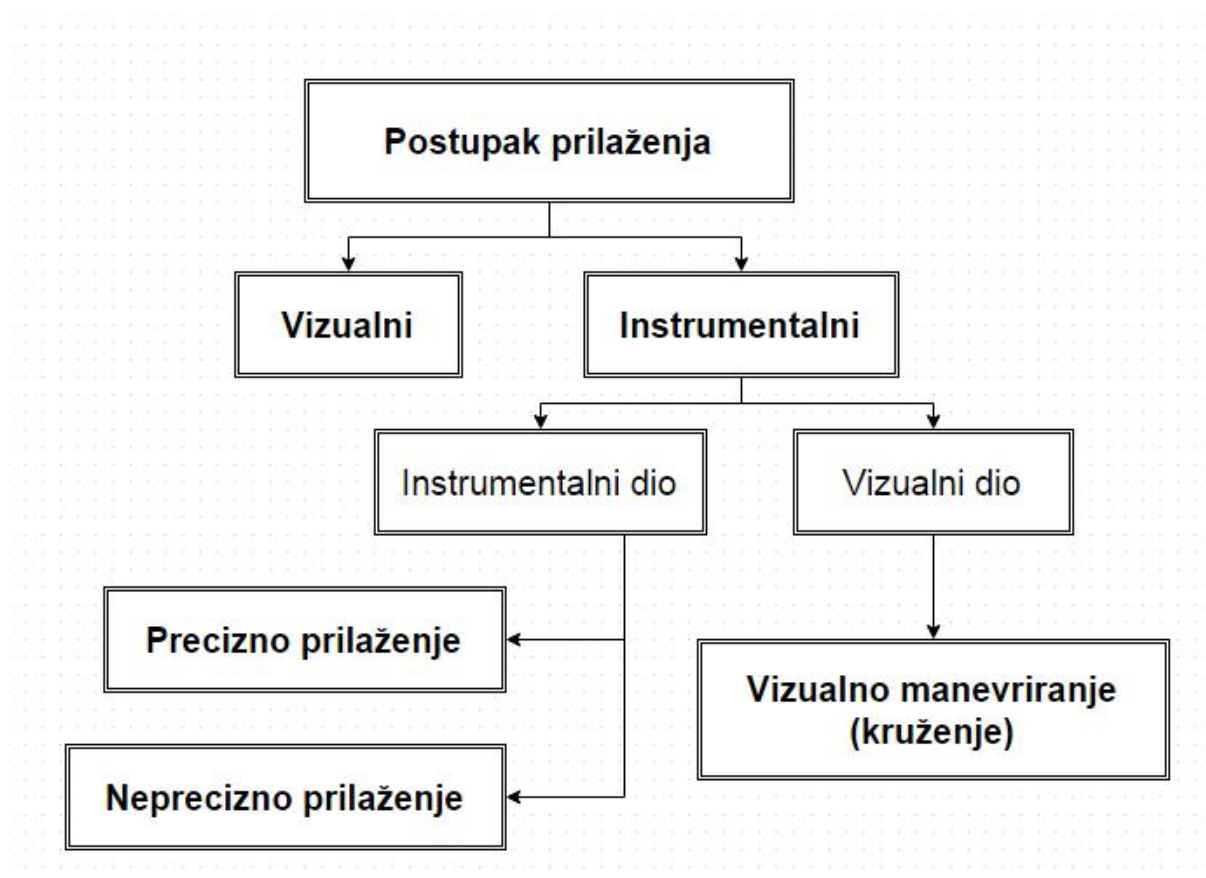


Slika 1. Procedure instrumentalnog odlaza sa zagrebačke zračne luke preko odlazne točke KOTOR [4]

Ukoliko zrakoplov koristi uzletno-sletnu stazu smjera 23 tada prema KOTOR-u postoji samo jedna procedura instrumentalnog odlaza. Nakon polijetanja zrakoplov u pravcu staze nastavlja prema NDB postaji PIS, te kursom od 228° prema točki KOTOR na kojoj procedura završava.

3. POSTUPCI INSTRUMENTALNOG PRILAŽENJA

Prilaženje obuhvaća postupke promjene smjera, visine i brzine kako bi se ostvarili optimalni uvjeti za slijetanje. Prilaženje je posebno osjetljiva faza jer zbog malih visina i brzina nepovoljni meteorološki uvjeti mogu ozbiljno ugroziti sigurnost leta. U obzir treba uzeti i činjenicu da se prilaženje izvodi pri kraju leta kad je zamor posade najveći. Ovisno o opremljenosti zrakoplova i pravilima u kojima leti, prilaženje se primarno dijeli na vizualno i instrumentalno.



Slika 2. Klasifikacija prilaznih postupaka; Izvor: Zrakoplovna prostorna navigacija, Doris Novak, veljača 2015

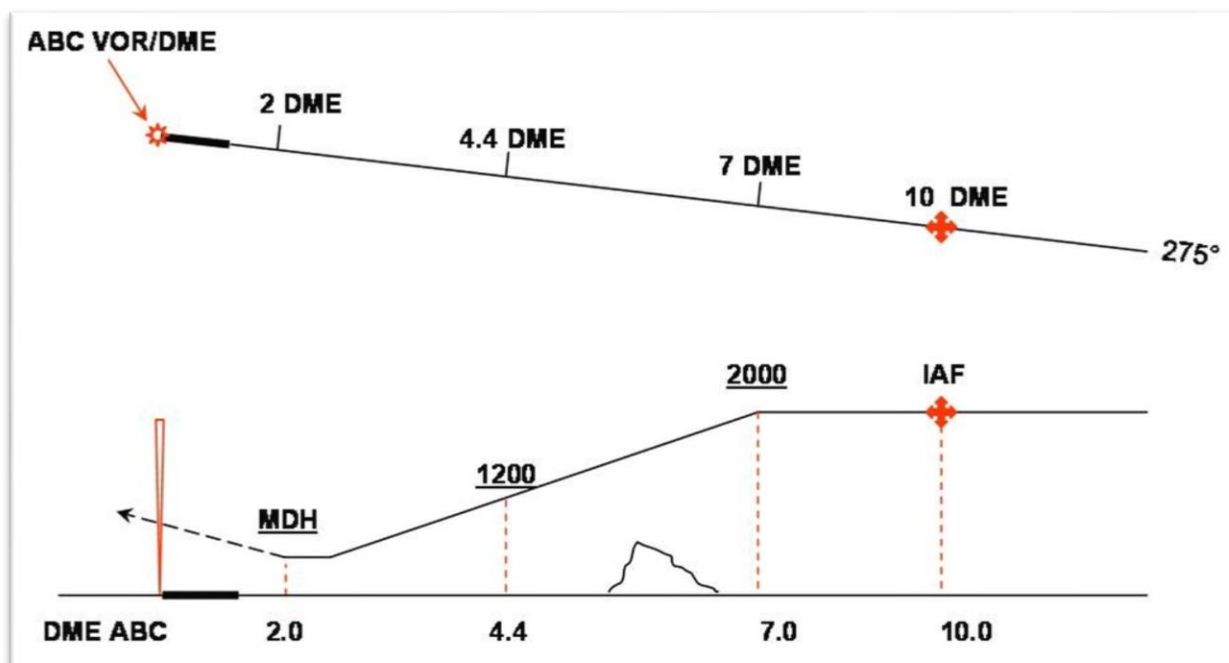
Vizualni prilaz je vrsta prilaza tijekom kojeg zrakoplov prilazi poštujući vizualna pravila letenja (engl. *Visual Flight Rules* ili VFR). Odlukom posade zrakoplov koji je prethodno letio instrumentalno može zatražiti vizualni prilaz. Održavajući konstantan vizualni kontakt s orijentirima na zemlji i izbjegavajući ulazak u oblak, zrakoplov prilazi željenom aerodromu. Ovakav tip prilaza mora biti odobren od nadležne jedinice kontrole letenja. Po definiciji međunarodne organizacije za civilno zrakoplovstvo (engl. *International Civil Aviation Organization* ili ICAO) vizualni prilaz može početi tijekom instrumentalnog prilaza, čime prekida cijeli ili dio istoga. Vizualnim prilazom optimizira se putanja

zrakoplova, jer u većini slučajeva zrakoplov leti ravno prema aerodromu. Jedna od najvećih prednosti ovakvog prilaza je smanjenje opterećenja kako pilota, tako i kontrolora. Pilotima je puno jednostavnije održavati vizualni kontakt i ne razmišljati o instrumentima. Osim toga, postižu se puno bolji rezultati u području protoka zračnog prometa, pogotovo na zagušenim aerodromima.

Za razliku od vizualnog prilaza, instrumentalni prilaz je dio standardizirane prakse letenja putničkih zrakoplova. Zrakoplovni instrumentalni prilaz jedan je od najzahtjevnijih dijelova leta, ako ne i najzahtjevniji. Dokaz tome je veliki broj nesreća koje su se dogodile baš u tom dijelu leta. Zbog malih brzina koje se približavaju brzini sloma uzgona, niskih visina, blizine okolnog terena i najmanje pogreške mogu dovesti do udara zrakoplova o tlo u blizini uzletno-sletne staze na koju je posada htjela sletjeti. Naziv za takav tip nesreće je nadzirani let u teren (engl. *Controlled Flight into Terrain* ili CFIT). Postoje dvije vrste instrumentalnog prilaza, precizni i neprecizni prilaz. Osnovna razlika između preciznih i nepreciznih instrumentalnih prilaza jest vertikalno vođenje zrakoplova.

Kod nepreciznog prilaženja (engl. *Non-Precision Approach* ili NPA) posada zrakoplova u svakom trenutku ima informaciju o poziciji u odnosu na produženu uzdužnu os uzletno-sletne staze. Time je uvelike olakšano horizontalno vođenje zrakoplova u prilazu. Takvo horizontalno vođenje postiže se radio-navigacijskim uređajima kao što su visoko-frekvencijski višesmjerni radio far (engl. *Very High Frequency Omni-Directional Radio Range* ili VOR) ili neusmjereni radio far (engl. *Non Directional Beacon* ili NDB). U praksi se koristi više uređaja u kombinaciji s uređajem za mjerenje udaljenosti (engl. *Distance Measuring Equipment* ili DME). Od sustava koji pružaju horizontalno navođenje koristi se i Localiser. To je dio instrumentalnog sustava za slijetanje (engl. *Instrument Landing System* ili ILS) koji je instaliran na samom kraju uzletno-sletne staze. Vertikalno navođenje ne postoji kod nepreciznog instrumentalnog prilaza. Umjesto njega postoji način određivanja putanje spuštanja zrakoplova. On uključuje ravnjanje visine po udaljenosti koja se dobije čitanjem udaljenosti od uređaja za mjerenje udaljenosti (DME). Jednostavnom matematikom računa se visina na kojoj zrakoplov mora biti ovisno o udaljenosti da bi se postigao najbolji kut za slijetanje. Na slici 3. prikazan je profil leta zrakoplova u prilazu u horizontalnoj i vertikalnoj ravnini. Tijekom nepreciznog instrumentalnog prilaza definira se minimalna apsolutna visina snižavanja (engl. *Minimum Descet Altitude* ili MDA), ili minimalna visina snižavanja (engl. *Minimum Descent Height* ili MDH). To je određena visina tijekom nepreciznog prilaza ili prilaza kruženjem ispod koje se zrakoplov ne smije snižavati bez ostvarenog vizualnog kontakta s orijentirima. Minimalne vrijednosti za postupke

nepreciznog prilaženja iznose 250 stopa minimalne visine snižavanja i 750 metara vidljivosti uzduž uzletno-sletne staze.



Slika 3. Shematski prikaz nepreciznog slijetanja

Precizno prilaženje (engl. *Precision Approach* ili PA) osigurava zrakoplovu i vertikalno navođenje uz prije spomenuto horizontalno navođenje. Tada zrakoplov ima u potpunosti točnu informaciju gdje se nalazi u odnosu na optimalnu putanju prilaza. Takav način prilaženja moguće je ostvariti na nekoliko načina. Prema navigacijskim sustavima i uređajima na zemlji kao što su instrumentalni sustav za slijetanje (ILS) ili mikrovalni sustav za slijetanje (engl. *Microwave Landing System* ili MLS), koristeći računalne podatke navigacijskog sustava. Također precizno prilaženje moguće je ostvariti i prema instrukcijama kontrolora zračnog prometa koji informaciju o kretanju zrakoplova dobiva pomoću radara za precizno prilaženje PAR (engl. *Precision Approach Radar*). Postoji više kategorija preciznog prilaženja. One se određuju ovisno o visini na kojoj zrakoplov može nastaviti prilaz ukoliko ima vizualni kontakt s podlogom ili orijentirima. Ta se visina naziva visina odluke (engl. *Decision Height* ili DH). Kategorije također ovise i o vidljivosti uzduž uzletno-sletne staze (*Runway Visual Range* ili RVR). Za kategoriju CAT I. postoji i uvjet vidljivosti koji zahtijeva više od 800 metara vidljivosti. Ukoliko na visini odluke nije ostvaren uvjet vizualnog kontakta s površinom ili orijentirima zrakoplov prekida prilaz i izvodi proceduru neuspjelog prilaza (engl. *Missed Approach Procedure*).

Međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo (ICAO) definira sljedeće kategorije preciznog prilaza.

Tablica 1. Kategorije preciznog prilaza prema ICAO-u [1]

Kategorija prilaza	Visina odluke (DH)	Vidljivost duž USS-e (RVR)	Vidljivost
CAT I.	200 ft < DH	550 m < RVR	Ne manja od 800 m
CAT II.	100 ft < DH < 200 ft	300 m < RVR	
CAT III. a	DH < 100 ft	200 m < RVR	
CAT III. b	DH < 50 ft	75 m < RVR < 200 m	
CAT III. c	DH = 0 ft	RVR = 0 m	

Prilaz u kategoriji preciznog prilaženja CAT I moguća je primjena sustava dopune globalnog navigacijskog satelitskog sustava (engl. *Global Navigation Satellite System* ili GNSS). Zbog zahtjeva visoke točnosti operacije prilaza u kategorijama prilaženja CAT II i CAT III izvode se isključivo uz pomoć instrumentalnog sustava slijetanja (ILS) ili mikrovalnog sustava slijetanja (MLS). Također, od zrakoplova se zahtijeva korištenje radio visinomjera tijekom prilaza u navedenim kategorijama.

Uz kategorije prilaza postoje i kategorije zrakoplova u prilazu. Definira se brzina prilaženja zrakoplova koja je jednaka brzini zrakoplova na pragu piste uvećanoj za 30% u konfiguraciji za slijetanje s najvećom dozvoljenom masom za slijetanje. Uz tu brzinu definiraju se brzine za svaki segment prilaza u određenoj kategoriji. Ovisno o tim brzinama postoje sljedeće kategorije:

- Kategorija A- brzine do 91 čvora (uglavnom mali jednomotorni zrakoplovi)
- Kategorija B- brzine od 91 do 120 čvorova (uglavnom mali dvomotorni zrakoplovi)
- Kategorija C- brzine od 121 do 140 čvorova (uglavnom putnički mlazni zrakoplovi)
- Kategorija D- brzine od 141 do 165 čvorova (uglavnom veći putnički mlazni zrakoplovi)
- Kategorija E- brzine od 166 do 210 čvorova (uglavnom vojni i borbeni zrakoplovi)

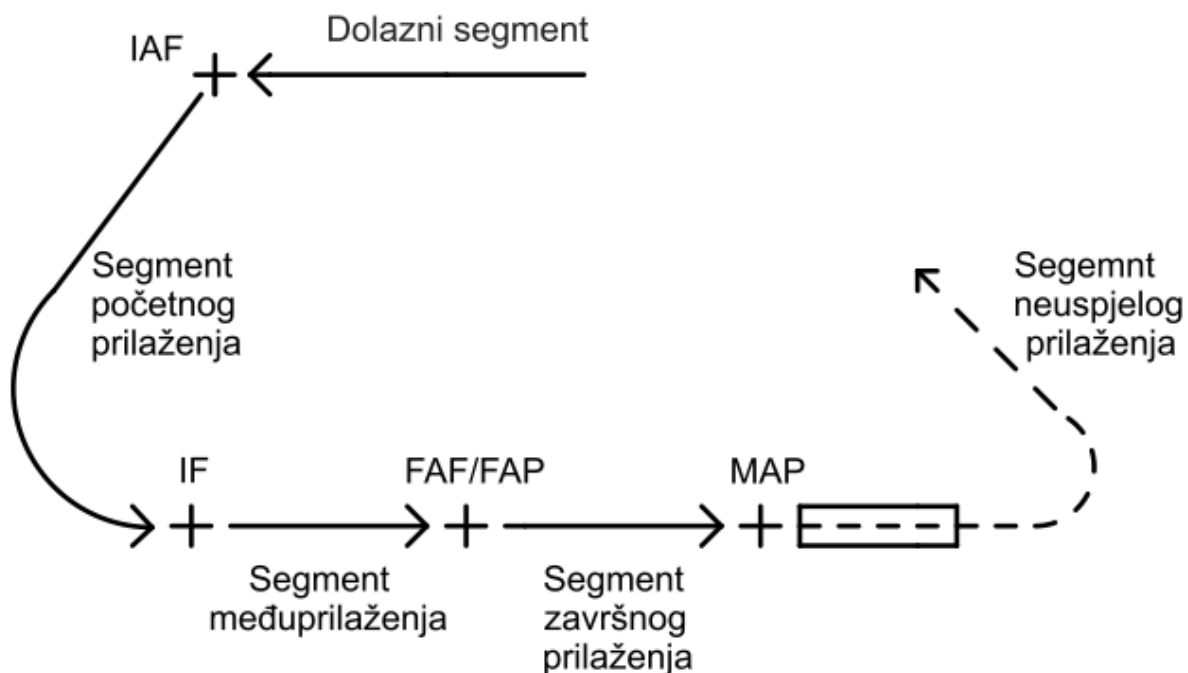
4. SEGMENTI DOLAZNE PROCEDURE

Za svaki zrakoplov koji leti po pravilima letenja bez vidljivosti, odnosno instrumentalno (engl. *Instrument Flight Rules* ili IFR) postoje definirani instrumentalni prilazi (engl. *Instrument Approach*) i instrumentalne dolazne procedure (engl. *Instrument Approach Procedures* ili IAP). Tijekom prilaza zrakoplov izvodi definirane manevre u svrhu gubitka visine i promjene smjera. Tim manevrima zrakoplov ostvaruje preduvjete za uspješno slijetanje na uzletno-sletnu stazu za određenu zračnu luku. Instrumentalne procedure započinju na definiranom preletištu i završavaju na visini na kojoj zrakoplov može uspješno vizualno sletjeti, ili ukoliko to nije moguće procedurom neuspjelog prilaza.

Instrumentalni prilaz, bio on precizan ili ne, sastoji se od pet segmenata ili dijelova. Većina segmenata ima točno određene točke početka i kraja segmenta, no postoje i segmenti koji mogu započeti na sjecištu određene visine leta s prilaznom putanjom leta. Svaki od segmenata je naglašen te su u navigacijskim kartama objavljene sve potrebne informacije kao što su smjerovi, udaljenosti i minimalne visine. Također određeno preletišće može služiti kao početak ili kraj više segmenata.

Postoje sljedeći segmenti:

- dolazni segment (engl. *Arrival Route*)
- segment početnog prilaženja (engl. *Initial Approach*)
- segment međuprilaženja (engl. *Intermediate Approach*)
- segment završnog prilaženja (engl. *Final Approach*)
- segment neuspjelog prilaženja (engl. *Missed Approach*)



Slika 4. Segmenti instrumentalne dolazne procedure

4.1. Dolazni segment

Dolazni segment započinje na zadnjem preletištu na rutnom dijelu leta i traje do preletišta početnog prilaznja (engl. *Initial Approach Fix* ili IAF) koji označava početak instrumentalnog prilaznja. Tijekom dolaznog segmenta zrakoplov vrši posljednje pripreme za prilaz dok je još unutar rutnog dijela leta. Kad su dolazne rute objavljene, širina zaštitnog područja smanjuje se s vrijednosti propisane za rutni segment na vrijednost propisane za segment početnog prilaznja. To se postiže konvergencijom od 30% sa svake strane osi zrakoplova. Ako je duljina dolaznog segmenta jednaka ili veća od 46 km (25 NM) tada konvergencija počinje na udaljenosti od 46 km (25 NM). Ukoliko je duljina dolaznog segmenta kraća od 46 km (25 NM) konvergencija počinje u točki koja označava početak dolaznog segmenta. Ukoliko postoji adekvatno radarsko pokrivanje, zrakoplov može biti radarski vektoriran od strane kontrolora zračnog prometa do definiranog preletišta ili do same pozicije na putanji prilaza s koje pilot može samostalno nastaviti prilaznje uz pomoć instrumenata.

4.2. Segment početnog prilaženja

Segment početnog prilaženja počinje na preletištu početnog prilaženja (engl. *Initial Approach Fix* ili IAF). Tijekom ovoga segmenta zrakoplov se priprema za segment međuprilaženja. Ta priprema uključuje izvođenje propisanih manevara, gubitak visine, smanjenje brzine, promjena konfiguracije zrakoplova. Brzina zrakoplova i njegova konfiguracija izravno ovise o blizini aerodroma i o potrebnoj brzini spuštanja. Ovaj segment od pilota iziskuje dodatne napore zbog računanja utjecaja vjetra na putanju leta, korekciju tih utjecaja, minimalne visine i slično. Potrebno je osigurati nadvisivanje prepreka od 300 m (986 ft). Dozvoljena su spuštanja gradijentom od čak 8% kako bi se zrakoplov doveo u optimalnu poziciju za sljedeći segment. Maksimalni kut koji kurs u segmentu početnog prilaženja smije zatvarati s kursom u segmentu međuprilaza iznosi 90° za precizno prilaženje. Za neprecizno prilaženje taj kut nešto veći i iznosi 120°. U slučaju da se kurs zrakoplova ne podudara s kursom koji bi trebao imati u segmentu međuprilaženja moguće ga je korigirati na više načina: povratnim postupkom, produženim postupkom i DME lukom. Segment početnog prilaženja završava na preletištu međuprilaženja (engl. *Intermediate Fix* ili IF) ili kada se ostvare svi uvjeti za početak segmenta međuprilaženja.

4.3. Segment međuprilaženja

Međusegment počinje na preletištu međuprilaženja (engl. *Intermediate Fix* ili IF) ukoliko je označen na karti, u suprotnom počinje nakon završetka proceduralnog ili osnovnog zaokreta. Ovaj segment kreiran je s ciljem dovođenja zrakoplova u odgovarajući položaj za završno prilaženje. Posada ima za zadatak uz što manji gradijent snižavanja uravnotežiti zrakoplov u pravcu produžene osi uzletno-sletne staze, a minimalno nadvisivanje prepreka iznosi 500 stopa.

4.4. Segment završnog prilaženja

Segment završnog prilaženja počinje na preletištu završnog prilaženja (engl. *Final Appraoch Fix* ili FAF) ako se radi o nepreciznom instrumentalnom prilazu ili na točki završnog prilaženja (engl. *Final Approach Point* ili FAP) ako se radi o preciznom instrumentalnom prilazu. Ukoliko preletišta ili točka nisu definirani, ovaj segment počinje nakon završetka proceduralnog zaokreta, osnovnog zaokreta ili doletnog zaokreta produljenog postupka. Idealni gradijent prilaženja u ovom segmentu iznosi 3° ili 5,2%. Ovisno radi li se o preciznom ili nepreciznom prilaženju i postojanju točke ili preletišta završnog prilaženja, razlikuje se više postupaka:

- neprecizno prilaženje s definiranim preletištem završnog prilaženja
- neprecizno prilaženje bez definiranog preletišta završnog prilaženja
- precizno prilaženje (prema ILS-u)

Uz to sam segment završnog prilaženja može se podijeliti na prilaženje izravno iz pravca (engl. *Straight-In Approach*) i prilaženje vizualnim manevriranjem ili kruženjem (engl. *Circling*). Ovaj segment završava ili na točki na kojoj zrakoplov može vizualno sletjeti ili na točki neuspjelog prilaženja (engl. *Missed Apporoach Point* ili MAP). Nakon preleta točke neuspjelog prilaza zrakoplov ne smije sniziti visinu ispod apsolutne visine (engl. *Obstacle Clearance Altitude* ili OCA) ili visine nadvisivanja prepreka (engl. *Obstacle Clearance Height* ili OCH).

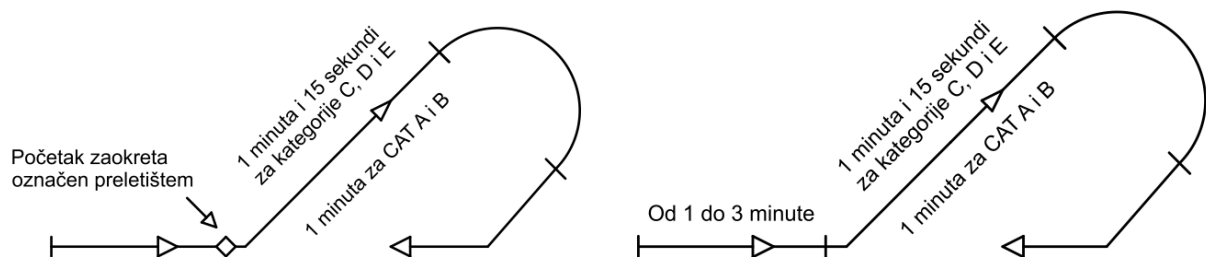
4.5. Segment neuspjelog prilaženja

U slučaju da na minimalnim propisanim visinama nije zadovoljen uvjet vidljivosti, zrakoplov započinje postupak neuspjelog prilaženja. Ovaj segment može početi najkasnije na točki neuspjelog prilaženja (engl. *Missed Approach Point* ili MAP). Ovisno o vrsti prilaženja točka neuspjelog prilaženja može se nalaziti na različitim mjestima. Kod postupaka preciznog prilaženja točka se definira sjecištem visine odluke s putanjom prilaženja. Ukoliko je riječ o postupcima nepreciznog prilaženja, točka može biti definirana preletištem, navigacijskim sredstvom, ili vremenom od prelaska preletišta završnog prilaženja. Postupak neuspjelog prilaženja poprilično je zahtjevan zadatak jer posada mora promijeniti konfiguraciju zrakoplova i održavati ga stabilnim. Ovaj segment završava u točki ili preletištu na kojem započinje početno prilaženje ili rutni segment.

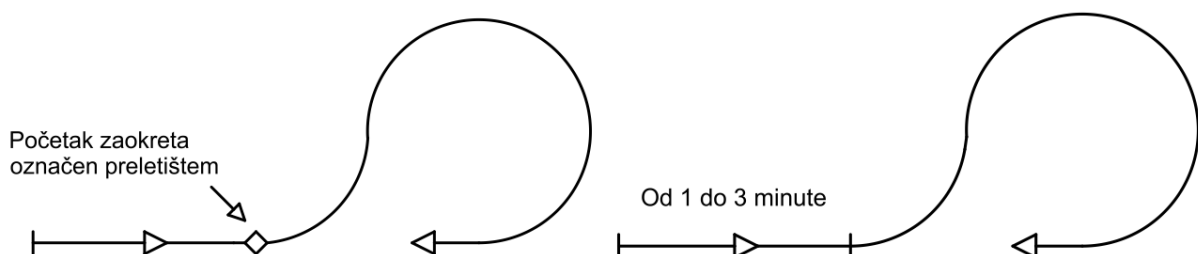
5. PROCEDURALNI I OSNOVNI ZAOKRETI

Tijekom segmenta početnog prilaženja posada ima zadatak dovesti zrakoplov u najbolji mogući položaj za početak sljedećeg segmenta, odnosno međusegmenta. To se postiže posebno standardiziranim manevrima koji se zovu povratni postupci (engl. *Reversal Procedures*). Povratni postupak omogućuje zrakoplovu promjenu smjera. Postoje dva načina kako se to postiže, a to su proceduralni zaokreti (engl. *Procedural Turn*) i osnovni zaokreti (engl. *Base Turn*). Ti su zaokreti sastavni dio prilaženja i objavljeni su u navigacijskim kartama, a pristupa im se u smjeru 30° u odnosu na smjer odletnog zaokreta.

Proceduralni zaokret je manevar tijekom kojeg zrakoplov prvo skreće u jednu stranu, a zatim u drugu. Time se postiže zaokret putanje zrakoplova za 180°, što znači da zrakoplov leti u suprotnom smjeru od onog koji je imao prije izviđanja proceduralnog zaokreta.

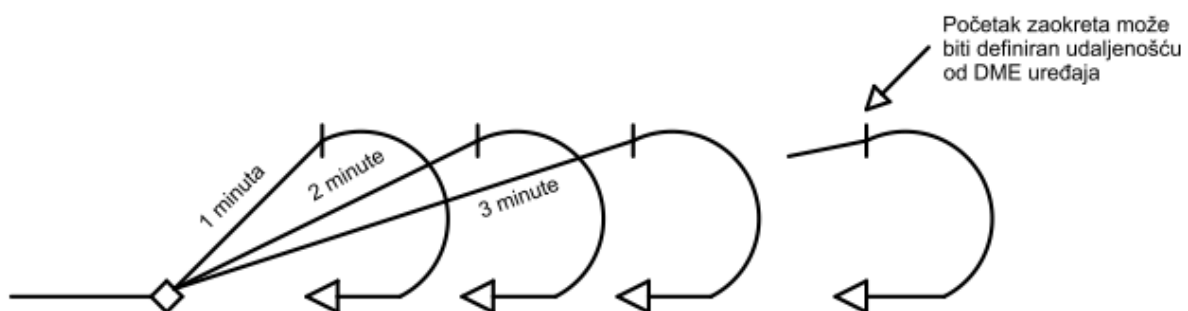


Slika 5. Proceduralni zaokret 45°/180°



Slika 6. Proceduralni zaokret 80°/260°

Osnovni zaokret (engl. *Base Turn*) je manevar kojim zrakoplov skreće u željeni smjer. Za razliku od proceduralnih zaokreta nakon izvršavanja osnovnog zaokreta zrakoplov nema recipročan smjer u odnosu na onaj prije manevra.

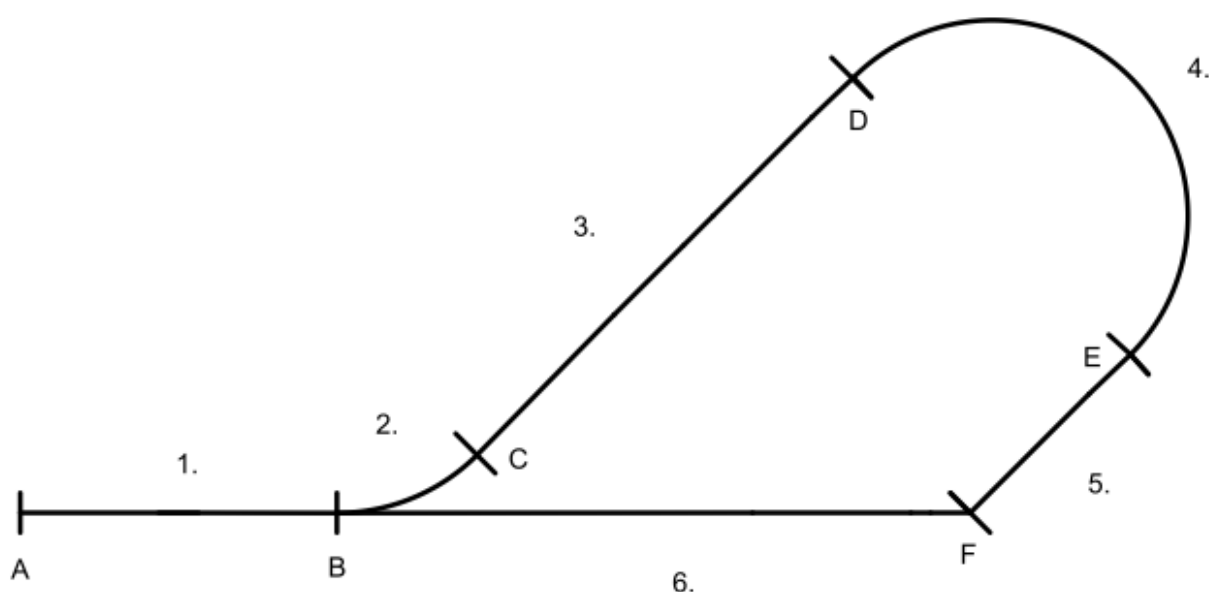


Slika 7. Osnovni zaokret

6. PRORAČUN ELEMENATA PROCEDURALNIH I OSNOVNIH ZAOKRETA

6.1. Proračun elemenata proceduralnog zaokreta $45^\circ/180^\circ$

U ovom poglavlju bit će pojedinačno promotreni svi dijelovi proceduralnog zaokreta $45^\circ/180^\circ$. Primjer prikazan na slici je zaokret za zrakoplove kategorije A i B. Proceduralni zaokret $45^\circ/180^\circ$ možemo uvjetno podijeliti na nekoliko dijelova.



Slika 8. Dijelovi proceduralnog zaokreta $45^\circ/180^\circ$

Prvi dio je ravni segment tokom kojeg je zrakoplov vođen po pravcu od pozicije A do točke B. Pozicija B može biti određena na dva načina. Prvo je vremenski od prolaska pozicije A, od 1 do 3 minute leta. Drugi način je postojanje preletišta na poziciji B. Dostizanjem pozicije B završava vođenje zrakoplova po pravcu.

Drugi dio započinje u poziciji B. Zrakoplov izvodi početni zaokret od 45° u odnosu na smjer ravnog segmenta (u lijevu ili desnu stranu). Zaokret se izvodi standardnom kutnom brzinom od 3° po sekundi. Tako da 2.dio traje ukupno 15 sekundi. Na samom početku zaokreta pilot započinje mjerenje vremena koje mu je potrebno do početka sljedećeg zaokreta.

Nakon zaokreta slijedi ravni dio (3.) tijekom kojega zrakoplov nije vođen po pravcu. Trajanje ovog dijela definirano je vremena od početka zaokreta zrakoplova na poziciji B. Ono iznosi 1 minutu za zrakoplove u kategoriji A i B, odnosno 1 minutu i 15 sekundi za zrakoplove u kategoriji C, D, i E.

Na poziciji D, zrakoplov započinje drugi zaokret (dio 4.). Taj zaokret je suprotnog smjera od prvog zaokreta u 2. dijelu, a iznosi 180° . Taj se zaokret također izvodi kao standardni, kutnom brzinom od 3° po sekundi što bi značilo da je zrakoplovu za izvođenje ovog zaokreta potrebna 1 minuta. Po završetku zaokreta zrakoplov se nalazi u poziciji E.

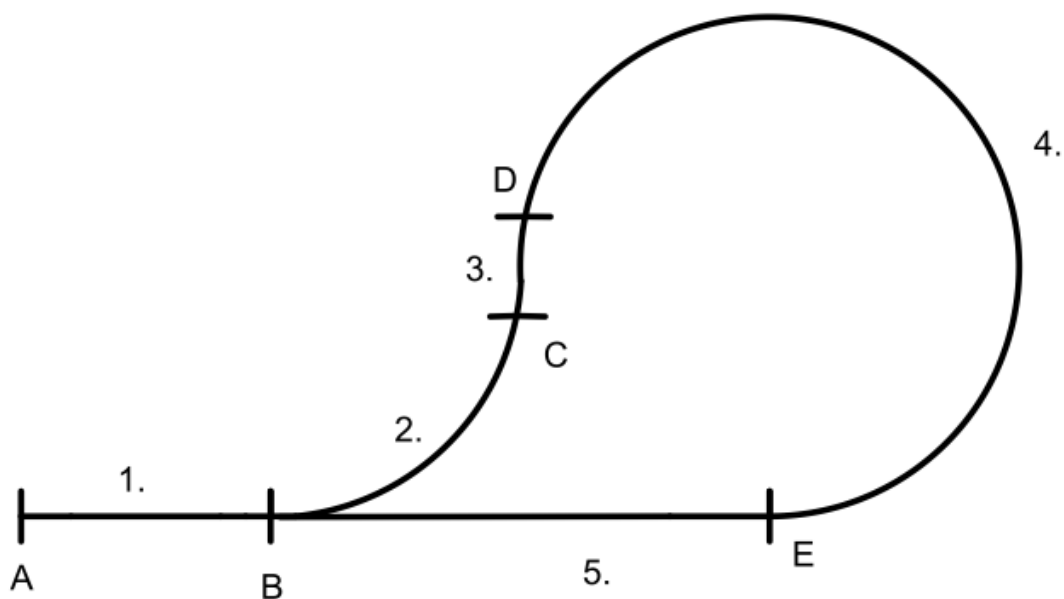
Zrakoplov se ispravlja i započinje pravocrtan let (dio 5.). Zrakoplov leti tako sve dok se ne vrati na zadani kurs koji je recipročan onome s kojeg je započeo zaokret. U gore navedenom slučaju trajanje ovog dijela je 20 sekundi.

Tijekom 6. dijela zrakoplov ponovno leti uz vođenje po pravcu. Taj pravac se poklapa s pravcem uzletno-sletne staze i recipročan je pravcu na kojem je započet zaokret. Tako zrakoplov leti sve do povratka na poziciju B. U gore navedenom primjeru zrakoplovu je potrebno 54 sekundi za povratak na poziciju B.

Po završetku zaokreta na poziciji B zrakoplov dalje nastavlja u smjeru uzletno-sletne staze i nastavlja proceduru prilaženja. Pretpostavljajući konstantnu brzinu zrakoplova u zaokretu, dobivena su vremena trajanja svakog segmenta proceduralnog zaokreta $45^\circ/180^\circ$. Zbrajajući ta vremena dobili smo ukupno trajanje zaokreta od 194 sekunde.

6.2. Proračun elemenata proceduralnog zaokreta 80°/260°

U ovom poglavlju bit će pojedinačno promotreni svi dijelovi proceduralnog zaokreta 80°/260°. Za razliku od proceduralnog zaokreta 45°/180° ovaj zaokret je jednak za sve kategorije zrakoplova.



Slika 9. Dijelovi proceduralnog zaokreta 80°/260°

Prvi dio je ravni dio u kojem zrakoplov leti u kursu recipročnom od kursa uzletno-sletne staze. Zrakoplov je vođen po pravcu, a trajanje ovog dijela može biti između 1 i 3 minute ukoliko ne postoji preletište početka zaokreta. Ako preletište postoji, zaokret počinje na preletištu.

Početni zaokret od 80° u odnosu na smjer ravnog segmenta (2. dio). Poznavajući kutnu brzinu koju zrakoplov ima tijekom izvođenja standardnog zaokreta, koja iznosi 3° po sekundi, dobivamo ukupno trajanje prvog zaokreta od 26 sekundi.

U dijelu 3. posada ispravlja zrakoplov i priprema se za drugi zaokret. U poziciji C zrakoplov napušta zaokret i skreće u drugu stranu. Zbog inercije potrebno je neko vrijeme da se zrakoplov prvo ispravi, a zatim započne drugi zaokret. Trajanje ovoga dijela može se izračunati ako poznajemo radijus kružnice koju zrakoplov opisuje standardnim zaokretom.

Ako znamo da zrakoplovu treba 120 sekundi da opiše punu kružnicu u zaokretu, tada vrijedi:

$$120'' = 2r\pi$$

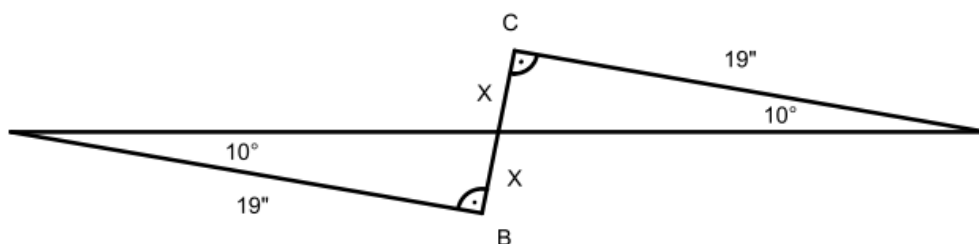
Radijus kružnice u vremenu moguće je izračunati na sljedeći način:

$$r = \frac{120''}{2\pi}$$

$$r = \frac{120''}{2\pi} = \frac{120''}{6.28} = 19,1''$$

$$r \approx 19''$$

S obzirom na to je poznat kut i priležeća kateta pravokutnog trokuta, moguće je izračunati duljinu nasuprotne katete.



Slika 10. Izračun trajanja 3. dijela

$$\tan 10^\circ = \frac{X}{19''}$$

$$X = \tan 10^\circ * 19''$$

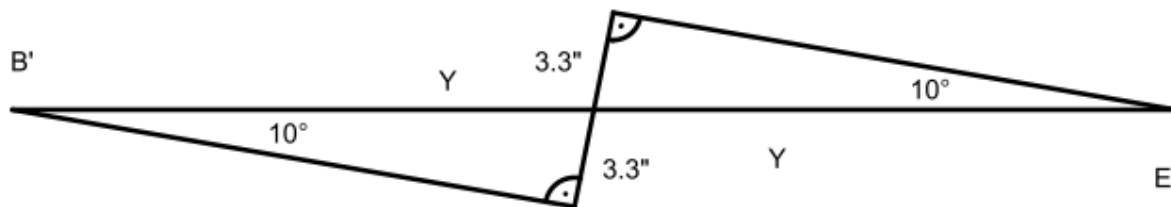
$$X = 3,3'' \quad 2X = 6,6'' \approx 7''$$

U četvrtom dijelu zrakoplov izvodi standardni zaokret od 260° u suprotnu stranu od prvog zaokreta. Standardnom kutnom brzinom od 3° po minuti dobiva se trajanje ovog zaokreta od 86 sekundi.

[illegible]

21

Udaljenost je moguće izračunati na sljedeći način:



Slika 12. Izračun trajanja 5. dijela

$$\sin 10^\circ = \frac{3.3''}{Y}$$

$$Y = \frac{3.3''}{\sin 10^\circ}$$

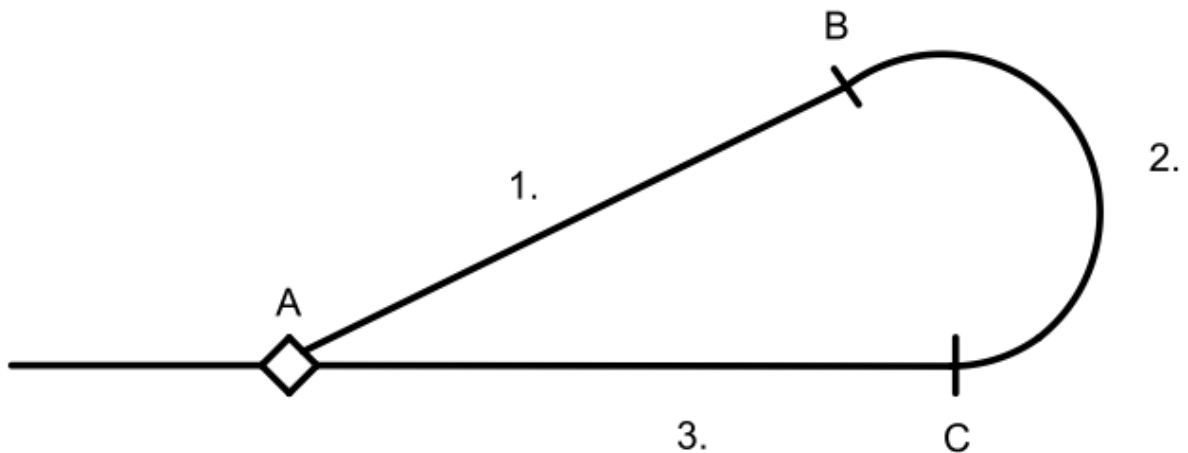
$$Y = 19'' \quad 2Y = 38''$$

Ukupno trajanje petog dijela je 38 sekundi. Dostizanje pozicije B označava završetak izvođenja proceduralnog zaokreta 80°/260°.

Ovim proračunom dobiva se ukupno trajanje proceduralnog zaokreta 80°/260°. Ono iznosi 157 sekundi u utjecajima bez vjetra.

6.3. Proračun elemenata osnovnog zaokreta

Osnovni zaokret je manevar zrakoplova u fazi početnog prilaženja između završetka putanje odleta i početka putanje međuprilaženja ili putanje završnog prilaženja. Osnovni zaokret sastoji se od tri dijela.



Slika 13. Proračun elemenata osnovnog zaokreta

Zrakoplov na poziciji A prelijeće preletišće koje označava početak zaokreta. Do pozicije B zrakoplov je vođen po pravcu. Duljina ovog dijela definirana je vremenom leta (od 1 do 3 minute) ili preletištem (radijal ili DME udaljenost). Putanja leta zrakoplova i mjerenje vremena mogu se razlikovati za različite kategorije zrakoplova.

Na poziciji B zrakoplov započinje zaokret u lijevu ili desnu stranu (2. dio). Ovisno o trajanju prijašnjeg dijela taj zaokret ima različitu veličinu, a time i trajanje. Taj zaokret traje sve dok zrakoplov ne postigne zadani kurs.

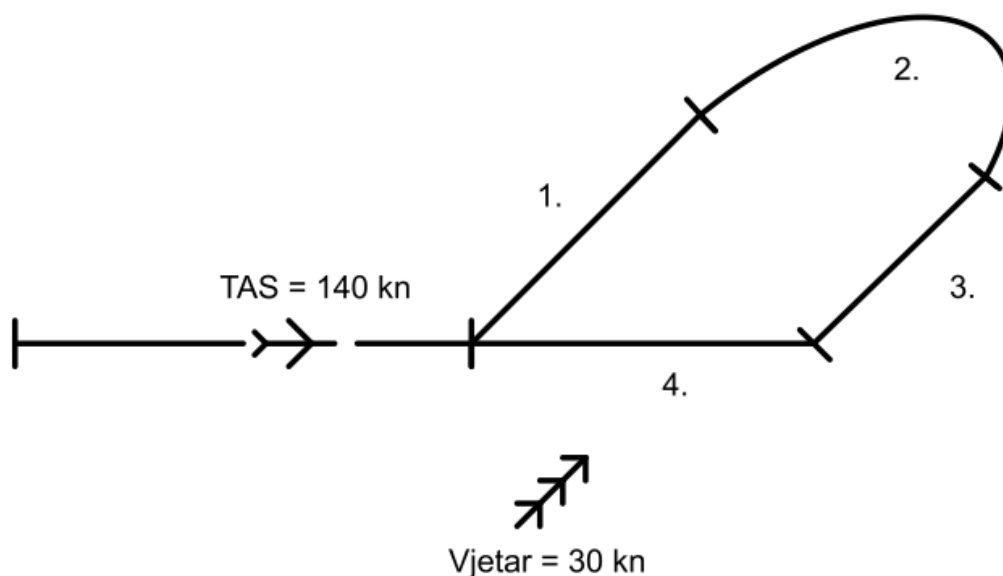
Nakon izvršenog zaokreta zrakoplov na poziciji C započinje treći dio, odnosno izlazak na zadani kurs u smjeru uzletno-sletne staze te se vraća na preletišće.

7. ODSUPANJE U TRAJANJU ZAOKRETA PRI UTJECAJU VJETRA

U ovom poglavlju bit će razmotreni utjecaji vjetra na pojedine dijelove proceduralnih i osnovnih zaokreta. Za svaki od zaokreta promatrat će se utjecaj vjetra jačine 30 čvorova.

7.1. Odstupanje u trajanju zaokreta $45^\circ/180^\circ$ pri utjecaju vjetra

Kao primjer koristit će se manji višemotorni zrakoplov prilazne kategorije B. Zrakoplovi kategorije B u segmentu početnog prilaza imaju brzine od 120 do 180 čvorova. Za potrebe zadatka pretpostavit će se da zrakoplov leti stalnom brzinom od 140 čvorova. Na let zrakoplova utjecat će vjetar jačine 30 čvorova iz smjera 225° . Svaki segment zaokreta bit će zasebno promotren.



Slika 14. Utjecaj vjetra na proceduralni zaokret $45^\circ/180^\circ$

U prvom dijelu leta zrakoplov u oba slučaja leti jednako dugo, razlika je u putu koji će taj zrakoplov prijeći. U slučaju s vjetrom zrakoplov će imati veću zemaljsku brzinu jer ima isključivo leđnu komponentu vjetra. Za 140 čvorova stvarne brzine (engl. True Air Speed ili TAS) zrakoplov ima 170 čvorova putne brzine (engl. *Ground Speed*). Uz poznato vrijeme i brzinu moguće je izračunati prijeđene udaljenosti. U slučaju vjetra zrakoplov je prešao:

$$D_{1(V)} = 170 * \frac{1}{60} [NM]$$

$$D_{1(V)} = 2,8 \text{ NM}$$

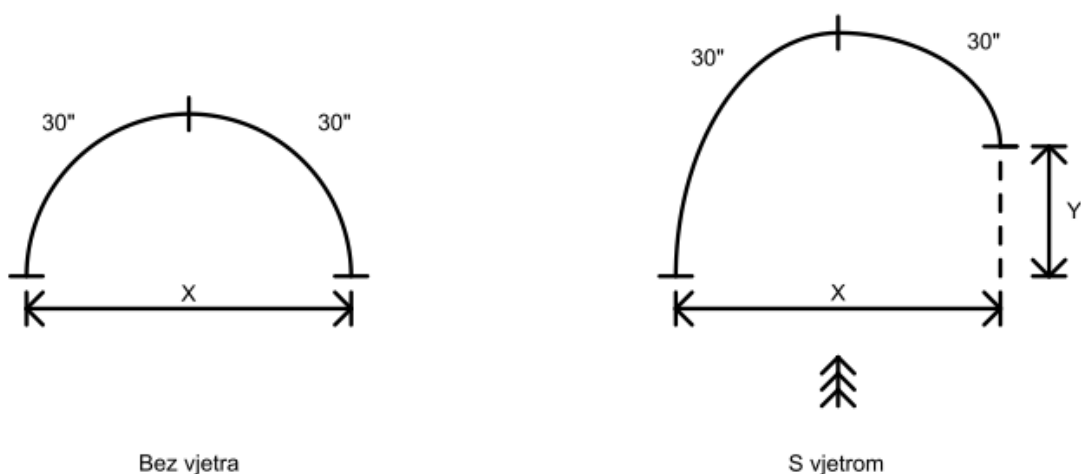
U slučaju bez vjetra taj zrakoplov bi prešao:

$$D_1 = 140 * \frac{1}{60} [NM]$$

$$D_1 = 2,34 \text{ NM}$$

U slučaju vjetra zrakoplov će prijeći 0.49 milja više.

Drugi dio je izvođenje standardnog zaokreta koje traje jednako u oba slučaja. Kao i u prvom dijelu razlika je u prijeđenom putu. Vjetar iz takvog smjera tijekom zaokreta pola vremena puše s izrađenom leđnom komponentom, a pola vremena s izraženom čeonom komponentom. Putanje zaokreta 180° izgledaju kako je prikazano na slici 14.



Slika 15. Utjecaj vjetra na zaokret od 180°

Važno je napomenuti da vjetar ne utječe na pravac koji zrakoplov dostigne po završetku zaokreta kao što je vidljivo na slici 14. Udaljenost X ostaje očuvana.

Udaljenost Y moguće je izračunati kao razliku u udaljenosti koju zrakoplov prijeđe u prvoj i drugoj polovici zaokreta. Promjena utjecaja vjetra na brzinu zrakoplova je linearna iz razloga što zrakoplov stalnom kutnom brzinom ide od točke u kojoj na zrakoplov djeluje isključivo leđna komponenta vjetra do točke u kojoj na njega djeluje isključivo bočna komponenta vjetra. Iz toga razloga koristi se srednja brzina za svaki dio zaokreta.

$$Y = \frac{170 + 140}{2} * \frac{30}{3600} - \frac{140 + 110}{2} * \frac{30}{3600} [NM]$$

$$Y = 0,25 \text{ NM}$$

U trećem dijelu na zrakoplov utječe isključivo čeona komponenta vjetra radi koje putna brzina (engl. *Ground Speed*) iznosi 110 čvorova, stvarna brzina (engl. *True Air Speed* ili TAS) zrakoplova je 140 čvorova. Ovaj dio traje duže u slučaju s vjetrom. Prvo je potrebno izračunati put koji bi zrakoplov prešao bez vjetra.

$$D_3 = 140 * \frac{20}{3600} [NM]$$

$$D_3 = 0,78 NM$$

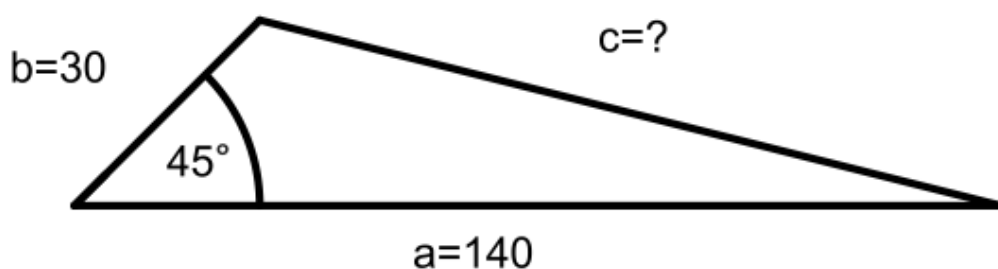
Nakon toga na udaljenost D_3 dodaje se udaljenost Y pošto je zrakoplov dostigao pravac ranije. Uz to je potrebno dodati razliku iz prvog dijela koja iznosi 0.49 nautičkih milja. Vrijeme potrebno za dostizanje povratnog kursa iznosi:

$$t_3 = \frac{0.78 + 0.25 + 0.49}{110} * 3600 [s]$$

$$t_3 = 49,74 s \approx 50 s$$

Za završetak ovog dijela zrakoplovu će trebati 30 sekundi više radi čeone komponente vjetra.

Po ovom dijelu zrakoplov je vođen po pravcu. Kako bi se izračunalo trajanje leta potrebno je izračunati brzinu zrakoplova pri utjecaju vjetra. Pravac puhanja vjetra u odnosu na kurs zrakoplova zatvara upadni kut od 45° . Brzina će biti izračunata trigonometrijski (slika 15.).



Slika 16. Utjecaj vjetra na brzinu zrakoplova tijekom zaokreta $45^\circ/180^\circ$

Poznavajući dvije stranice i kut između njih kosinusnim poučkom moguće je izračunati treću stranicu:

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma$$

$$c^2 = 140^2 + 30^2 - 2 * 140 * 30 * \cos 45^\circ$$

$$c^2 = 14560,3$$

$$c = \sqrt{14560,3}$$

$$c = 120,6 \approx 121$$

Vjetar smanjuje putnu brzinu zrakoplova na 121 čvorova.

U uvjetima bez vjetra ovaj dio traje 52 sekunde. Uz brzinu od 140 čvorova dobiva se udaljenost:

$$D_4 = 140 * \frac{54}{3600} [NM]$$

$$D_4 = 2,1 NM$$

U uvjetima s vjetrom zrakoplovu će za ovaj dio biti potrebno:

$$t_4 = \frac{2.1}{121} * 3600 \text{ [s]}$$

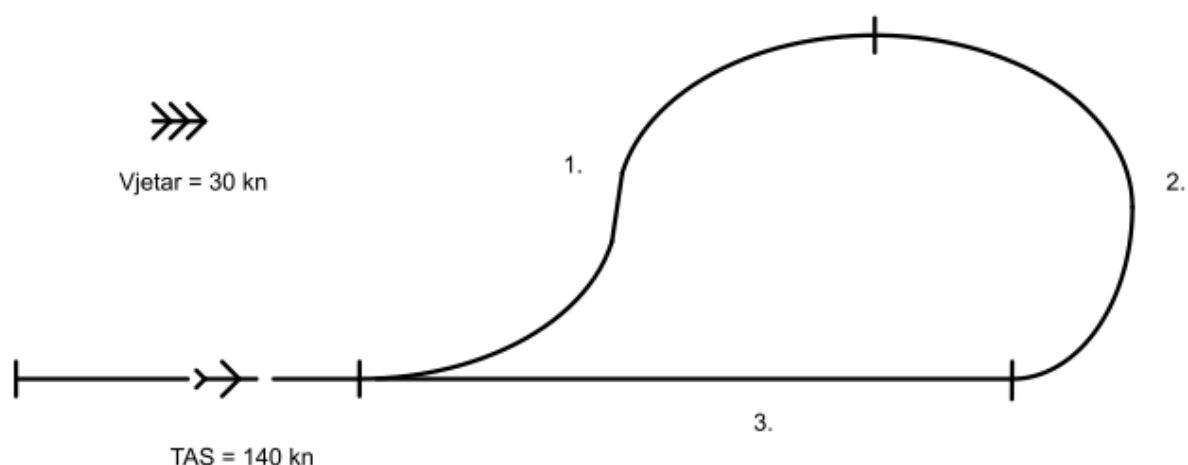
$$t_4 = 62,47 \text{ s} \approx 63 \text{ s}$$

U slučaju bez vjetra ovaj dio traje 52 sekunde. Zbog utjecaja čeone komponente vjetra zrakoplovu je potrebno 11 sekundi više.

U slučaju vjetra iz smjera 225° jačine 30 čvorova zrakoplovu će trebati 41 sekunde više za uspješno izvršavanje proceduralnog zaokreta 45°/180°.

7.2. Odstupanje u trajanju zaokreta 80°/240° pri utjecaju vjetra

Za razliku od prethodnog zaokreta ovaj zaokret sve kategorije zrakoplova izvode jednako dugo. U primjeru će se koristiti zrakoplov brzine 140 čvorova kao i u prošlom proračunu. Brzina vjetra je 30 čvorova, a njegov smjer puhanja je 270°. Važno je napomenuti da je zbog potreba zadatka zaokret od 260° podijeljen na dva dijela. Dio od 80° je uključen u dio s prvim zaokretom. Preostalih 180° čini dio za sebe. Svaki dio zaokreta 80°/260° bit će zasebno promotren.



Slika 17. Utjecaj vjetra na proceduralni zaokret 80°/260°

Prvi dio trajat će jednako u slučaju s vjetrom i bez njega. U prošlom poglavlju utvrđeno je da ovaj dio traje 59 sekundi. Za to vrijeme zrakoplov koji leti u uvjetima vjetra prijeći će veći put. Prvo je potrebno izračunati put koji će prijeći zrakoplov u uvjetima bez vjetra:

$$D_1 = 140 * \frac{59}{3600} [NM]$$

$$D_1 = 2,29 \text{ NM} \approx 2,3 \text{ NM}$$

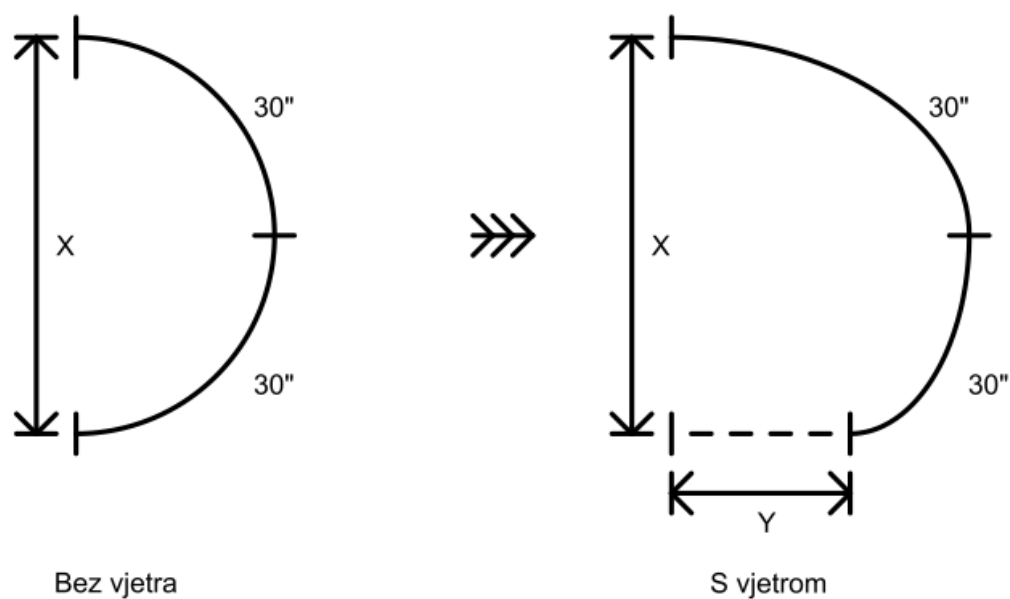
Radi utjecaja vjetra prosječna brzina zrakoplova u ovom dijelu je 165 čvorova te će tom brzinom zrakoplov prijeći:

$$D_{1(V)} = 165 * \frac{59}{3600} [NM]$$

$$D_{1(V)} = 2,7 \text{ NM}$$

U slučaju vjetra zrakoplov prijeđe 0.4 nautičkih milja više.

Kao što je vidljivo na slici 16. drugi dio čini zaokret od 180°. Prijedeni put tijekom zaokreta moguće je izračunati na jednak način kao kod zaokreta 45°/180°.



Slika 18. Izračun utjecaja vjetra na let zrakoplova tijekom zaokreta od 260°

$$Y = \frac{170 + 140}{2} * \frac{30}{3600} - \frac{140 + 110}{2} * \frac{30}{3600} [NM]$$

$$Y = 0,25 NM$$

Zrakoplov će u slučaju vjetra prijeći 0.25 milja više. Ova će udaljenost doći do izražaja u sljedećem dijelu proračuna.

U trećem dijelu zrakoplov je vođen po pravcu s isključivo čeonom komponentom vjetra koji mu za 140 čvorova stvarne brzine (engl. True Air Speed ili TAS) daje 110 čvorova putne brzine (engl. Ground Speed). Zbog utjecaja vjetra u prvom i drugom dijelu zrakoplov na taj pravac izlazi mnogo dalje nego što bi to bio slučaj da nema vjetra. U slučaju bez vjetra ovaj dio je dug:

$$D_3 = 140 * \frac{38}{3600} [NM]$$

$$D_3 = 1,48 NM$$

Kako bismo dobili udaljenost koju zrakoplov prelazi u slučaju vjetra na ovu udaljenost potrebno je dodati “višak” iz prva dva dijela. Tako ukupna udaljenost iznosi:

$$D_{3(V)} = 1.48 + 0.4 + 0.25 \text{ [NM]}$$

$$D_{3(V)} = 2,13 \text{ NM}$$

Zrakoplovu s 110 čvorova putne brzine potrebno je sljedeće vrijeme:

$$t = \frac{2.13}{110} * 3600 \text{ [s]}$$

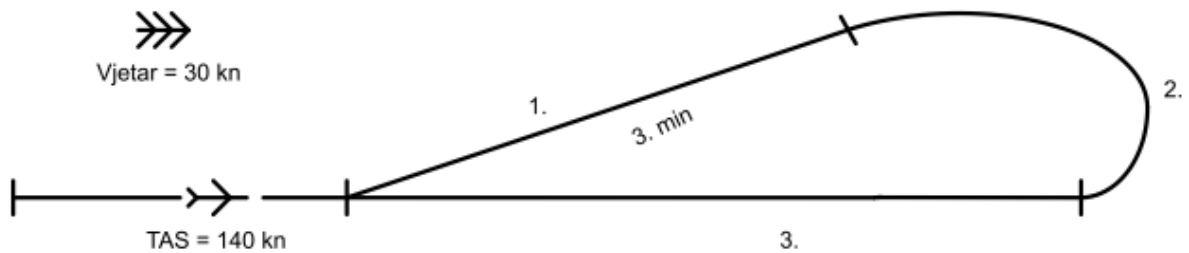
$$t = 69,7 \text{ s} \approx 70 \text{ s}$$

U slučaju bez vjetra zrakoplov ovaj dio prijeđe u 38 sekundi. Vjetar to vrijeme produžuje na 70 sekundi.

Zbog vjetra jačine 30 čvorova iz smjera 270° zrakoplovu je potrebno 32 sekunde više za izvođenje zaokreta 80°/260°.

7.3. Odstupanje u trajanju osnovnog zaokreta pri utjecaju vjetra

U ovom poglavlju bit će promotren utjecaj vjetra od 30 čvorova iz smjera 270° na zrakoplov koji izvodi osnovni zaokret s dolaznim i odlaznim dijelom jednake duljine. Trajanje odlaznog dijela zaokreta je 3 minute, a njegov kurs iznosi 072°.



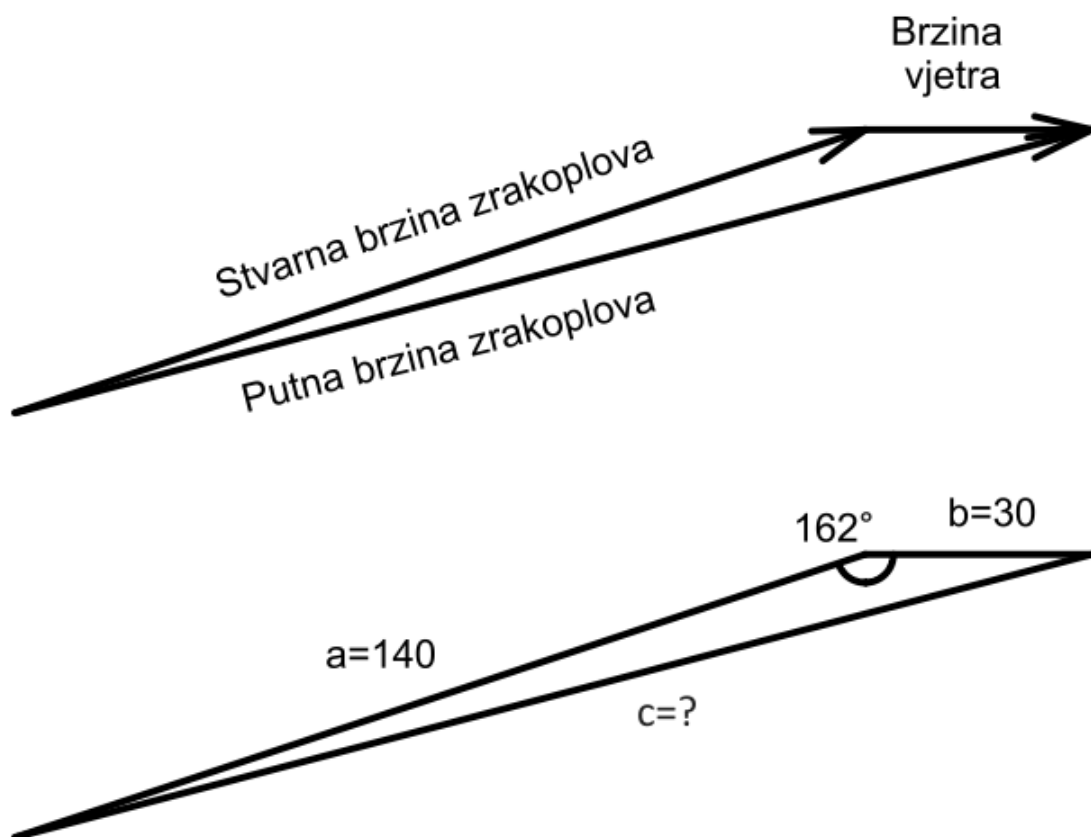
Slika 19. Utjecaj vjetra na osnovni zaokret

Tijekom prvog dijela zrakoplov je vođen po pravcu. Potrebno je usporediti razliku u udaljenosti koju će zrakoplov prijeći u slučaju s vjetrom i bez njega. U slučaju bez vjetra zrakoplov će prijeći:

$$D_1 = 140 * \frac{3}{60} [NM]$$

$$D_1 = 7 NM$$

Kako bismo izračunali udaljenost koju zrakoplov prijeđe u slučaju vjetra prvo je potrebno razmotriti kako vjetar utječe na brzinu zrakoplova. Kao u prethodnom poglavlju brzina pri utjecaju vjetra računat će se trigonometrijski.



Slika 20. Utjecaj vjetra na brzinu zrakoplova tijekom osnovnog zaokreta

Poznavajući dvije stranice i kut između njih kosinusnim poučkom moguće je izračunati treću stranicu:

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma$$

$$c^2 = 140^2 + 30^2 - 2 * 140 * 30 * \cos 162^\circ$$

$$c^2 = 28488,87$$

$$c = \sqrt{28488,87}$$

$$c = 168,78 \approx 169$$

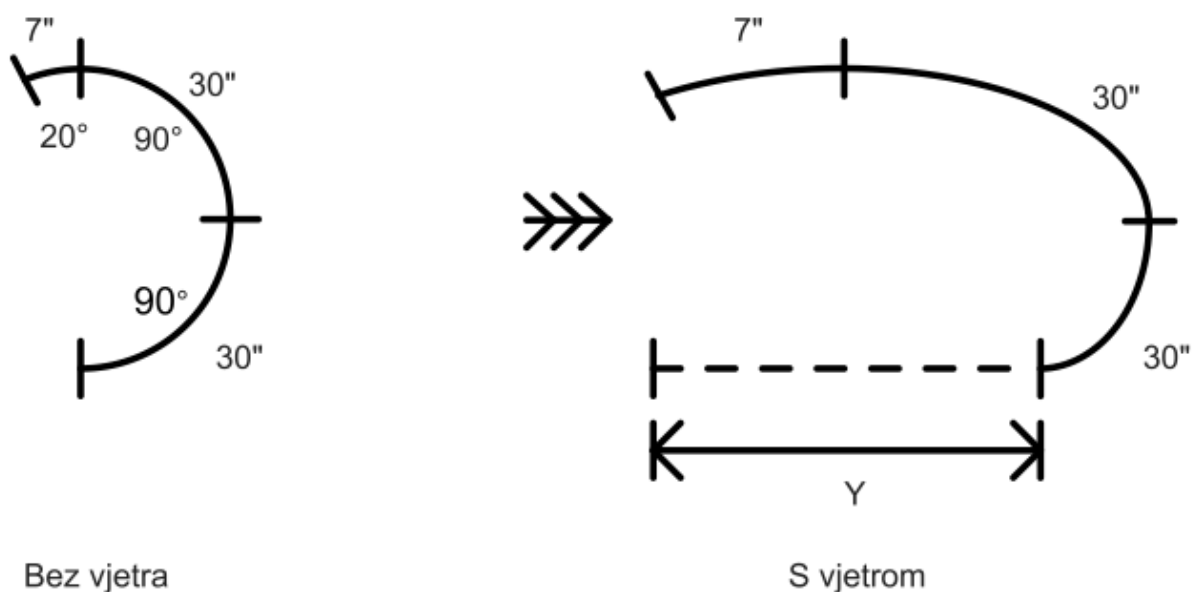
Putnom brzinom od 169 čvorova zrakoplov u 3 minute prijeđe udaljenost od:

$$D_{1(V)} = 169 * \frac{3}{60} [NM]$$

$$D_{1(V)} = 8,45 NM$$

Razlika u prijeđenom putu iznosi 1,45 nautičkih milja.

Zbog potrebe proračuna utjecaja vjetra na putanju zrakoplova tijekom ovog dijela zaokret od 200° bit će podijeljen na tri dijela (slika 20.). Na prvi dio od 20° djeluje leđna komponenta vjetra, a na drugi od 90° također djeluje leđna komponenta, a na treći dio djeluje čelna komponenta.



Slika 21. Utjecaj vjetra na zaokret od 200°

Poznavajući trajanje zaokreta i brzine zrakoplova, moguće je izračunati udaljenost Y.

$$Y = \frac{169 + 170}{2} * \frac{7}{3600} + \frac{170 + 140}{2} * \frac{30}{3600} - \frac{140 + 110}{2} * \frac{30}{3600} [NM]$$

$$Y = 0,579 NM$$

U trećem dijelu vjetar zrakoplovu smanjuje putnu brzinu na 110 čvorova. Razlika u udaljenostima iz prijašnjih dijelova dodaje se na ovaj dio. U utjecajima bez vjetra zrakoplovu je potrebno vrijeme od 3 minute, kao u prvom dijelu. U slučaju s vjetrom zrakoplovu će trebati:

$$t_{3(V)} = \frac{8.45 + 0.579}{110} * 3600 [s]$$

$$t_{3(V)} = 295,49 s \approx 296 s$$

U slučaju vjetra zrakoplovu je ukupno potrebno 543 sekundi za razliku od 427 sekundi bez vjetra. Ukupno kašnjenje ostvareno u osnovnom zaokretu pri utjecajima vjetra iz 270° jačine 30 čvorova iznosi 116 sekunde.

Iz rezultata dobivenih proračunom vidljivo je povećanje vremena potrebno za uspješno izvršavanje sve tri tipa zaokreta. Važno je napomenuti da su to rezultati za vjetar koji puše iz nepovoljnog smjera. U izračunu je korišten vjetar od 30 čvorova iako u stvarnim prilikama vjetar može biti i jači. U tablici 2. su prikazani računski dobiveni rezultati za uvjete s vjetrom i bez vjetra, te ostvareno kašnjenje u slučaju vjetra.

Tablica 2. Trajanje zaokreta u uvjetima s vjetrom i bez vjetra

Tip proceduralnog zaokreta	Trajanje zaokreta u uvjetima bez vjetra	Trajanje zaokreta u uvjetima vjetra od 30 čvorova iz nepovoljnog smjera	Vremenska razlika u trajanju zaokreta
Proceduralni zaokret 45°/180°	194 s	235 s	41 s
Proceduralni zaokret 80°/260°	157 s	189 s	32 s
Osnovni zaokret (odletna putanja trajanja 3 minute)	427 s	543 s	116 s

8. ZAKLJUČAK

Instrumentalni letni postupci konstruirani su da bi omogućili sigurnije letenje u uvjetima bez vanjske vidljivosti. Dosadašnjom praksom pokazali su se sigurnima, ali ne i optimalnim. Iz tog razloga kontrolori zračnog prometa vektoriraju zrakoplove u prilazu i odobravaju direktne odlaske na točke zrakoplovima u odlazu. Tijekom prilaza posada ima zadatak voditi zrakoplov definiranom i objavljenom putanjom. Koliko je to zahtjevan podatak govori činjenica da ovisno o brzini zrakoplova, meteorološkim uvjetima i složenosti postupka, planiranje može početi sto do dvjesto milja od odredišnog aerodroma. U četvrtom poglavlju dolazna procedura podijeljena je u segmente, te je svaki segment detaljno opisan. U dolaznom segmentu instrumentalnog prilaza specifični su manevri za promjenu smjera zvani povratni postupci. U šestom poglavlju promotreno je trajanje povratnih postupaka. Izračun je pokazao da proceduralni zaokret $45^{\circ}/180^{\circ}$ traje duže od proceduralnog zaokreta $80^{\circ}/260^{\circ}$. Osnovni zaokret ovisno o trajanju odletnog dijela prije zaokreta može trajati kraće ili duže od proceduralnih zaokreta. Pri proračunu prilaza posada u obzir uzima i meteorološke prilike. Ovisno o smjeru i jačini puhanja vjetar može uvelike promijeniti putanju zrakoplova tijekom prilaza. Vjetar također djeluje na putanju zrakoplova u zaokretu. Uz promjenu putanje vjetar utječe i na trajanje zaokreta. U sedmom poglavlju izračunat je utjecaj vjetra na trajanje zaokreta. Važno je napomenuti ograničenja u izračunu utjecaja vjetra na putanju i trajanje zaokreta. Umjesto zaokreta korištenih u stvarnom prometu, u računu su korišteni generički zaokreti. U sva tri primjera promatrao se utjecaj vjetra jačine 30 čvorova. Također korišten je vjetar iz isključivo jednog smjera i to vjetar iz smjera 255° za proceduralni zaokret $45^{\circ}/180^{\circ}$, te vjetar iz smjera 270° za proceduralni zaokret $80^{\circ}/260^{\circ}$ i osnovni zaokret. Uz to, u sva tri proračuna pretpostavljena je konstantna brzina zrakoplova od 140 čvorova. Vrijeme potrebno za uspješno izvršavanje proceduralnog zaokreta $80^{\circ}/260^{\circ}$ s izraženom leđnom komponentom vjetra povećano je za 32 sekunde. Razlika u trajanju proceduralnog zaokreta $45^{\circ}/180^{\circ}$ u uvjetima bez vjetra i s vjetrom iznosi 41 sekundu. Utjecaj vjetra na vrijeme izvođenja osnovnog zaokreta iznosi čak 116 sekundi. Valja napomenuti da osnovni zaokreti imaju drugačiji kurs i trajanje odlazne putanje za zrakoplove različitih kategorija. Ovisno o jačini i smjeru puhanja vjetra ta kašnjenja mogu biti veća ili manja. U slučaju gustog prometa u prilazu i na aerodromu ovakva kašnjenja mogu uzrokovati probleme ne samo pilotima, nego i kontrolorima zračnog prometa. Stoga je važno da se posada zrakoplova temeljito i pravovremeno pripremi za fazu prilaza.

LITERATURA

1. Novak, D.: Zrakoplovna prostorna navigacija, Zagreb, Fakultet prometnih znanosti, 2015.
2. Netjasov, F., Babić, O.: Kontrola letenja 2, Postupci instrumentalnih prilaza i odleta, Beograd, Saobraćajni fakultet, 2014.
3. International Civil Aviation Organization: Aircraft operations, Volume II Construction of Visual and Instrument Flight Procedures, 4th ed., 2006.
4. Jeppesen, TERMINAL CHARTS NOTAMs, Chart NOTAMs for airport LDZA, 2009.
5. http://www.skybrary.aero/index.php/Controlled_Flight_Into_Terrain, Controlled Flight Into Terrain, 10. 07. 2015.
6. http://www.skybrary.aero/index.php/Precision_Approach, Precision Approach, 13. 07. 2015.
7. http://www.skybrary.aero/index.php/Non-Precision_Approach, Non-Precision Approach, 13. 07. 2015.
8. http://www.skybrary.aero/index.php/Approach_Speed_Categorisation, Approach Speed Categorisation, 15. 07. 2015.
9. http://code7700.com/course_reversals.html, Instrumental Procedures, Course Reversals, 17. 07. 2015.

POPIS SLIKA

Slika 1. Procedure instrumentalnog odlaza sa zagrebačke zračne luke preko odlazne točke KOTOR [4]5	
Slika 2. Klasifikacija prilaznih postupaka; Izvor: Zrakoplovna prostorna navigacija, Doris Novak, veljača 2015.....	6
Slika 3. Shematski prikaz nepreciznog slijetanja	8
Slika 4. Segmenti instrumentalne dolazne procedure	11
Slika 5. Proceduralni zaokret 45°/180°	15
Slika 6. Proceduralni zaokret 80°/260°	15
Slika 7. Osnovni zaokret	16
Slika 8. Dijelovi proceduralnog zaokreta 45°/180°	17
Slika 9. Dijelovi proceduralnog zaokreta 80°/260°	19
Slika 10. Izračun trajanja 3. dijela	20
Slika 11. Proračun trajanja povratne putanje	21
Slika 12. Izračun trajanja 5. dijela	22
Slika 13. Proračun elemenata osnovnog zaokreta	23
Slika 14. Utjecaj vjetra na proceduralni zaokret 45°/180°	24
Slika 15. Utjecaj vjetra na zaokret od 180°	26
Slika 16. Utjecaj vjetra na brzinu zrakoplova tijekom zaokreta 45°/180°	28
Slika 17. Utjecaj vjetra na proceduralni zaokret 80°/260°	29
Slika 18. Izračun utjecaja vjetra na let zrakoplova tijekom zaokreta od 260°	31
Slika 19. Utjecaj vjetra na osnovni zaokret	33
Slika 20. Utjecaj vjetra na brzinu zrakoplova tijekom osnovnog zaokreta	34
Slika 21. Utjecaj vjetra na zaokret od 200°	35

POPIS KRATICA

CFIT	nadzirani let u teren (<i>Controlled Flight into Terrain</i>)
FAF	preletišta završnog prilaženja (<i>Final Approach Fix</i>)
HDG	pravac leta (<i>Heading</i>)
IAF	preletišta početnog prilaženja (<i>Initial Approach Fix</i>)
IAP	postupak instrumentalnog prilaženja (<i>Instrument Approach Procedure</i>)
ICAO	međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo (<i>International Civil Aviation Organization</i>)
IF	preletišta međuprilaženja (<i>Intermediate Fix</i>)
IFR	instrumentalna pravila letenja (<i>Instrument Flight Rules</i>)
ILS	sustav za instrumentalno slijetanje (<i>Instrument Landing System</i>)
MAP	točka neuspjelog prilaženja (<i>Missed Approach Point</i>)
NDB	neusmjereni radio far (<i>Non Directional Beacon</i>)
NPA	neprecizni prilaz (<i>Non-precision Approach</i>)
OCA	apsolutna visina nadvišavanja prepreke (<i>Obstacle Clearance Altitude</i>)
OCH	visina nadvisivanja prepreke (<i>Obstacle Clearance Height</i>)
PA	precizni prilaz (<i>Precision Approach</i>)
SID	instrumentalni odlazak (<i>Standard Instrument Departure</i>)
STAR	instrumentalni dolazak (<i>Standard Arrival</i>)
TAS	stvarna brzina (<i>True Air Speed</i>)
VFR	vizualna pravila letenja (<i>Visual Flight Rules</i>)
VOR	visoko-frekvencijski višesmjerni radio far (<i>Very High Frequency Omni-Directional Radio Range</i>)